



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원 번호 : 10-2003-0016144  
Application Number

출원 년 월 일 : 2003년 03월 14일  
Date of Application  
MAR 14, 2003

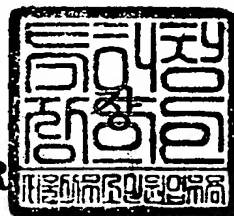
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003      03      20  
          년      월      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.03.14
【발명의 명칭】	광학측정장치 초점의 최적화방법, 이를 이용한 광학적 불량 검출 방법 및 광학적 불량 검출 장치
【발명의 영문명칭】	METHOD OF OPTIMIZING FOCUS OF OPTIC INSPECTION APPARATUS, AND OPTIC METHOD AND APPARATUS OF DETECTING DEFECT USING THE SAME
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	박영우
【대리인코드】	9-1998-000230-2
【포괄위임등록번호】	1999-030203-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김덕용
【성명의 영문표기】	KIM, Deok Yong
【주민등록번호】	691214-1055519
【우편번호】	435-040
【주소】	경기도 군포시 산본동 1119-3 백두아파트 962-2401
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김성진
【성명의 영문표기】	KIM, Seong Jin
【주민등록번호】	740510-1406413
【우편번호】	441-440
【주소】	경기도 수원시 권선구 탑동 25-15
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 박영우 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 15 면 15,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 24 항 877,000 원

【합계】 921,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

반도체 기판의 불량 검출 효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법과 이용한 광학적 불량 검출 방법 및 장치가 개시되어 있다. 기판 표면에 광을 조사하고, 기판 표면으로부터 반사광을 복수의 초점값별로 센싱하여 이미지 정보를 형성한다. 이어서, 초점값, 및 초점값에 대응하는 복수의 게인값의 상관관계를 결정하고, 이어서, 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 초점값으로 설정한다. 또한 이러한 최적화된 초점을 적용한 반도체 장치의 불량 검출하기 위한 광학적 측정 방법 및 이를 구현할 수 있는 광학적 불량 검출장치가 제공된다. 반도체 장치의 불량 검출 효율을 현저하게 향상시킬 수 있고, 반도체 장치의 불량이 신속하고 정확하게 검출되어 반도체 장치의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

**【대표도】**

도 1

**【명세서】****【발명의 명칭】**

광학측정장치 초점의 최적화방법, 이를 이용한 광학적 불량 검출 방법 및 광학적 불량 검출 장치{METHOD OF OPTIMIZING FOCUS OF OPTIC INSPECTION APPARATUS, AND OPTIC METHOD AND APPARATUS OF DETECTING DEFECT USING THE SAME}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 광학 측정 장치 초점의 최적화방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2는 화학적 기계적 연마가 실시된 반도체 기판에 대한 그레이 레벨 히스토그램을 나타내는 그래프이다.

도 3은 초점값의 변화에 따른 폴리실리콘 막에서 검출되는 리닝 수의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 4는 초점값의 변화에 따른 화학 기계적 연마가 실시된 반도체 기판 상에서 검출되는 보이드 수의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 폴리실리콘 막에 대한 초점값 변화에 따른 게인값의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 6은 화학 기계적 연마가 실시된 반도체 기판에 대한 초점변화에 따른 게인값의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 초점값의 변화에 따른 폴리실리콘 막에서 검출되는 불량 수와 게인값의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.

도 8은 초점값의 변화에 따른 화학 기계적 연마가 실시된 반도체 기판 상에서 검출되는 불량 수와 게인값의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 10은 도 9의 광학적 불량 검출 방법의 불량 여부 판단의 일실시예를 설명하기 위한 순서도이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 장치를 설명하기 위한 개념도이다.

#### 【발명의 상세한 설명】

#### 【발명의 목적】

#### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<12> 본 발명은 반도체 기판의 불량 검출에 사용되는 광학 측정 장치의 초점의 최적화 방법, 및 이를 이용한 광학적 불량 검출 방법 및 광학적 불량 검출 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 현저하게 향상된 불량 검출 효율을 갖는 반도체 장치의 불량 검출용 광학 측정장치의 초점 최적화 방법 및 이를 이용한 광학적 불량 검출 방법 및 장치에 관한 것이다.

<13> 반도체 장치를 제조하기 위한 제조공정은 다양한 많은 공정들로 이루어진다. 예를 들면, 도핑(doping), 확산(defusion), 열적 산화(thermal oxidation), 화학 기상 증착(chemical vapor deposition), 식각(etching), 노광(expose) 등의 다양한 공정이 있다.

이러한 다양한 공정들은 웨이퍼나 글라스 상에서 이루어지며, 제조라인을 따라 위치되어진 공정 장비들에서 단계적으로 진행된다.

<14> 이러한 다양한 과정을 거쳐 웨이퍼에 형성된 반도체 집적회로의 미세 패턴은 특정 공정 또는 일련의 공정이 처리된 후, 패턴의 불량여부에 관해 검사되어질 필요가 있는데, 반도체 장치의 고집적화 경향과 웨이퍼의 대구경화 추세에 따라 패턴의 불량검사 또한 증가하고 있으며, 이와 같은 불량검사는 전체적인 반도체 제조공정 시간을 증가시킴으로써 반도체 장치의 제조단가를 상승시키고 있다.

<15> 이러한 반도체 기판의 불량을 측정하기 위한 방법으로 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope: SEM)을 이용한 방법을 예로 들 수 있다. 구체적으로 전자주사현미경 방식은 전자빔(E-beam)을 웨이퍼 상에 주사하여 방출되는 이차전자(secondary electron)를 감지한 후, 이를 영상 신호로 변환시켜 미세 패턴의 불량여부를 확인하는 방식이지만, 주사전자현미경을 이용한 측정은 많은 비용이 소요되고, 동작이 비교적 느리고, 자동화가 어려운 문제점이 있다.

<16> 이외에도, 반도체 장치의 불량 검출 또는 공정의 모니터링을 위한 다양한 방법들이 알려져 있다. 예를 들면, 일본 공개특허공보 평6-281409호(1994년 10월 7일 공개)에는 표면에 다층이 적층되어 있는 반도체 웨이퍼의 표면을 적층된 각층에 적합한 포커스를 사용하여 각층을 독립적으로 검사함으로써, 불량이 검출되지 않는 문제점을 방지할 수 있는 자동 외관 검사장치 및 방법이 개시되어 있다.

<17> 그리고, 미국특허공보 제6,338,926호(2002년 1월 15일 등록)에는 고도의 정확성을 가지는 최적의 포커스를 용이하게 찾기 위한 간단한 방법에 대하여 개시하고 있는데, 구체적

으로 노광 프로세스에서 최적의 포커스를 측정하기 위하여 특별히 디자인된 패턴을 사용하는 포커스 측정 방법을 제시되어 있다.

<18> 또한, 대한민국 공개특허공보 제10-1999-072263호(1999년 9월 27일 공개)에는 장비의 분해능 또는 포커스 및 공정이 실제 제조공정 중에 모니터링되어, 포커스 데이터 포인트는 모니터링되는 피처의 타입에 부합되도록 최적화되는 공정의 모니터링 방법 및 장치가 개시되어 있으며, 대한민국 공개특허공보 제10-1999-23205호(1999년 3월 25일 공개)에는 현존하는 계측도와 노출 및 에칭 장비와 함께 사용될 수 있는 초점 노출 및 에칭 변수 평가 방법을 제공하기 위하여 마이크로 전자장치 제조에 사용되는 리소그래피(lithography) 및 에칭 프로세스(etching process) 조건 모니터링에 관한 기술이 기재되어 있다.

<19> 그러나 상술한 방법들은 광학 측정 장치(optic inspection tool)에서 초점(focus)과 반도체 기판상의 불량 검출(detecting defect) 효율의 상관관계에 대한 관계를 규명하고, 이에 근거하여 불량 검출 효율을 향상시킬 수 있는 불량 검출 방법에 대해서는 개시하지 않고 있다. 즉, 초점이 중요시되는 주사전자 현미경 등의 전자빔 장치(E-beam tool)에서와는 달리, 소위 밝은 영역(bright field)을 이용한 광학 측정 장치의 불량 검출 효율에 영향을 미치는 많은 변수 중에서 초점의 변화에 따른 불량 검출효율의 변화 및 이러한 연구에 근거하여 광학 측정 장치에서 최적의 초점을 결정하는 방법에 대한 체계적인 연구가 없다.

<20> 따라서 반도체 장치의 각 층에 대하여 동일한 초점으로 광학 측정 장치를 사용하거나, 엔지니어의 단순한 경험에 의하여 초점을 결정함으로써 불량 검출효율이 떨어지고 불량



검출에 많은 비용과 시간이 소모되어, 결과적으로 반도체소자의 신뢰도가 낮아지고, 반도체 장치의 제조에 많은 시간과 비용이 소요되는 문제점이 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

- <21> 따라서, 본 발명의 제1 목적은 반도체 기판의 불량 검출 효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법을 제공하는 것이다.
- <22> 본 발명의 제2 목적은 상기 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법을 이용하여, 짧은 시간 안에 간단한 방법을 반도체 기판의 불량을 효율적으로 검출해 낼 수 있는 광학적 불량 검출 방법을 제공하는 것이다.
- <23> 본 발명의 제3 목적은 상기 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법을 이용하여, 반도체 기판의 불량을 효율적으로 검출해 낼 수 있는 광학적 불량 검출 장치를 제공하는 것이다.

**【발명의 구성 및 작용】**

- <24> 상술한 본 발명의 제1 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기판 표면에 광을 조사하고, 기판 표면으로부터 반사되는 광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 이미지 정보를 형성한 후, 광학 측정 장치의 복수의 초점값, 및 복수의 초점값에서 센싱하여 형성된 이미지 정보에 대응하는 광학 측정 장치의 복수의 게인값의 상관관계를 결정하고, 이어서, 광학 측정 장치의 복수의 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 초점값으로 설정하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법을 제공한다.
- <25> 여기서, 기판은 반도체 제조용 웨이퍼이고, 기판에 조사되는 광은 반사성능이 우수하여 상기 기판표면에서의 회절 및 간섭가능성을 줄일 수 있는 단파장 광 특히, 자외선 광인 것이 바람직하다. 그리고, 이미지 정보는 아날로그 디지털 변환기에 의하여 형성되는 2

진수의 디지털 정보로서, 흑(black)과 백(white)의 농도차이에 따라 256 가지의 구별되는 그레이 레벨(gray level)로 표시된다.

<26> 상술한 본 발명의 제2 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 1차 조사하고, 기판 표면으로부터 반사되는 제1 반사광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 제1 이미지 정보를 형성한 후, 광학 측정 장치의 복수의 초점값 및 복수의 초점값에서 센싱하여 형성된 제1 이미지 정보에 대응하는 광학 측정 장치의 복수의 게인값의 상관관계를 결정하고, 이어서, 광학 측정 장치의 복수의 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 불량 검출용 초점값으로 설정한다. 계속하여, 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 2차 조사한 후, 2차 조사에 의해 기판 표면으로부터 반사되는 제2 반사광을 광학 측정 장치의 불량 검출용 초점값에서 센싱하여 제2 이미지 정보를 형성한 후, 마지막으로 형성된 제2 이미지 정보를 해석하여 기판의 불량여부를 판단하는 광학적 불량 검출 방법을 제공한다.

<27> 여기서 불량여부의 판단은 우선 특정의 문턱값을 설정하고, 불량 검출 대상 픽셀의 제2 이미지 정보와 불량 검출 대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 제2 이미지 정보를 차감하여 원시 데이터를 형성한 후, 문턱값과 원시 데이터의 절대값을 비교하여 불량 검출 대상 픽셀의 불량여부를 판단한다.

<28> 상술한 본 발명의 제3 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 기판을 지지하기 위한 지지대, 지지대 위에 놓여진 기판표면에 광을 조사하기 위한 광원, 기판의 표면으로부터 반사된 광을 센싱하여 각 장치단위별 픽셀의 이미지 정보를 게인값을 포함하는 변수로 나타내는 이미지 정보 생성수단, 형성된 이미지 정보의 게인값 및 이에 대응하는 초점값의

상관관계를 해석하는 데이터 처리수단, 이미지 정보의 게인값 중 최소 게인값에 대응하는 초점값을 불량 검출용 초점값으로 선택하는 초점선택수단 그리고 이미지 정보를 해석하여 불량검출대상 픽셀의 불량여부를 판단하는 불량 검출수단을 포함하는 광학적 불량 검출장치를 제공한다.

<29> 본 발명에 의하면, 반도체 장치의 불량 검출을 위한 광학적 측정수단에서 불량 검출 효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 광학적 측정수단의 최적의 초점을 간단하면서도 신속하게 결정할 수 있게 된다. 또한, 상기 결정된 최적의 초점을 가지는 광학 측정 수단을 이용함으로써 반도체 장치의 불량이 신속하고 정확하게 검출되어 반도체 장치의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 그 결과, 전체적인 반도체 제조공정에 소요되는 시간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 반도체 장치의 제조원가를 절감할 수 있다.

<30> 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들에 의한 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법 및 이를 이용한 광학적 불량 검출 방법 그리고 광학적 불량 검출 장치를 상세하게 설명한다.

<31> 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

<32> 도 1을 참조하면, 본 실시예에 의한 광학특정장치 초점의 최적화 방법은 기판 표면에 광을 조사하고(S10), 상기 기판 표면으로부터 반사되는 반사광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 이미지 정보를 형성한다(S20).

- <33> 이어서, 상기 복수의 초점값, 및 이에 대응하는 이미지 정보에 해당하는 게인값의 상관 관계를 결정한(S30) 후, 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 초점값으로 선택한다(S40).
- <34> 이하, 본 실시예에 따른 초점의 최적화 방법을 보다 상세하게 설명한다. 우선, 불량 검출 대상인 기판 표면에 광을 조사한다(S10). 여기서 기판은 도핑, 확산, 열적 산화, 화학 기상 증착, 식각, 노광 등의 다양한 공정이 실시된 반도체 장치 제조용 웨이퍼이다. 후속 단계에서 실시되는 라이트 레벨 트레이닝(light level training)을 위한 라이트 레벨 영역(light level box)을 상기 웨이퍼 상에 설정한 후, 라이트 레벨 영역 상에 광원으로 부터 광을 조사한다. 이때 상기 조사되는 광은 반사성능이 우수하여 상기 기판 표면에서의 회절 및 간섭가능성을 줄일 수 있는 단파장 광을 사용하는데, 특히 자외선 광을 사용하는 것이 바람직하다.
- <35> 이어서, 상기 기판 표면으로부터 반사되는 반사광을 센싱하고, 이를 이미지 정보로 변환한다(S20). 이때 광학 측정 장치에서 상기 반사광을 센싱함에 있어서, 상기 광학 측정 장치의 초점을 달리하여 각 초점별로 반사광을 센싱하고, 초점별로 센싱된 각각의 반사광을 이미지 정보로 변환한다.
- <36> 구체적으로 설명하면, 광학 측정 장치에서 초점에 따라서 감지된 빛은 그 세기에 따라 아날로그 신호인 전류(current)로 측정된다. 이러한 전류 신호는 아날로그-디지털 변환기(analogue-to-digital converter: ADC)에 의해 디지털 이미지 신호로 변화되어 반도체 기판상의 각 픽셀에 대한 그레이 레벨(gray level)이 형성된다. 상기 그레이 레벨은 흑과 백의 농도차이에 따라 구별되며, 8 비트의 디지털 신호로 처리되므로 각 픽셀은 256가지로 구분 가능하게 된다.

- <37> 본 실시예의 이미지 정보 형성을 예를 들어 자세히 설명하기로 한다. 도 2는 화학적 기계적 연마가 실시된 반도체 기판에 대한 이미지 정보 즉, 그레이 레벨 히스토그램을 나타내는 그래프이다.
- <38> 도 2를 참조하면, 셀로우 트렌치 아이솔레이션(Shallow Trench Isolation: STI)공정에 있어서, 화학적 기계적 연마(Chemical Mechanical Polishing: CMP)를 실시한 후의 반도체 기판(STI-CMP 웨이퍼)에 대하여 라이트 레벨 트레이닝을 통하여, 광학 측정 장치의 게인(gain)값, 오프셋(offset)값을 변화시켜 최적의 그레이 레벨 히스토그램으로 형성한 것으로, 구체적으로는 그레이 레벨값의 범위를 70 ~ 180으로 정한 후, 정해진 범위 내에서 최상의 빛의 세기, 게인값, 오프셋 값을 얻은 것이다.
- <39> 광학 측정 장치에서 그레이 레벨 값은 0 ~ 255 사이의 값을 갖게 되는데, 라이트 레벨 트레이닝(light level training)이란 광학 측정 방법에 있어서, 정해진 그레이 레벨 히스토그램의 범위 안에서 빛의 세기(intensity), 게인(gain)값, 오프셋(offset)값을 변화시킴으로써 각각의 픽셀이 최상의 그레이 레벨 값을 가지도록 하는 것을 의미한다. 불량 검출효율이 최대가 되는 그레이 레벨 히스토그램 형성을 위한 이러한 세기, 게인값, 오프셋값은 광학 측정 장치에서 자동으로 설정된다. 이를 통해 웨이퍼 상태에 가장 적합한 광학 측정장치의 조건을 찾을 수 있게 된다.
- <40> 상기 게인값은 반도체 기판 상에 형성된 픽셀간의 그레이 레벨 값(gray level value)의 차이를 조절하는 변수이다. 만약 게인값이 1에서 2로 2배 증가하면 그레이 레벨 값의 차이는 2배 커지게 된다. 즉, 게인값이 1인 경우 그레이 레벨 값의 최대값과 최소값의 차이가 40이었다면, 게인값이 2인 경우는 그레이 레벨값의 최대값과 최소값의 차이는 80으로 커지게 된다. 그리고 상기 오프셋 값은 그레이 레벨 값의 위치를 결정하는 변수로

서, 그레이 레벨 히스토그램이 주어진 범위(0~255)에 위치하도록 하는 역할을 하는 변수이다.

- <41> 또한 상기 최적의 그레이 레벨이란 최대 그레이 레벨 값을 갖는 픽셀과 최소 그레이 레벨 값을 갖는 픽셀의 그레이 레벨 값 차이를 최대한 크게 한 것을 말한다. 이는 픽셀들 간의 그레이 레벨 값의 차이가 크면 클수록 검출력이 증대하기 때문이다. 라이트 레벨 트레이닝을 하는 경우 동일한 픽셀에 대해서 빛의 세기(intensity)가 증가하거나, 오프셋(offset)값이 감소하면 픽셀의 그레이 레벨 값은 증가하게 된다.
- <42> 계속하여, 상기 광학 측정 장치의 복수의 초점값, 및 상기 복수의 초점값에 대응하는 상기 광학 측정 장치의 복수의 게인값의 상관관계를 결정한다.
- <43> 초점값과 게인값의 상관관계를 조사하는 이유를 도 3 내지 6을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- <44> 도 3은 폴리실리콘 막에서 초점값의 변화에 따른 검출되는 불량 수의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.
- <45> 도 3을 참조하면, 폴리실리콘막에서 가장 문제시되는 불량인 소위 리닝(leaning)의 검출효율이 초점에 따라 변화함을 알 수 있다. 리닝 현상은 반도체 장치가 대용량 집적화됨에 따라 디자인 룰이 감소하게 되어 일어나는 현상이다. 구체적으로, 총 불량수(total defect count)는 초점값이 -0.6 ~ -1.4까지 변할 때 224 ~ 267 개 사이의 거의 비슷한 분포를 가지는데 반해, 리닝 수는 초점값이 -1.0 ~ -1.2의 범위일 때 가장 많이 검출되었다. 즉, 초점값이 -1.0 ~ -1.2일 때 허위불량(false defect)은 적게 검출하면서 리닝에 대한 검출력은 가장 높게 나타난 것이다.

- <46> 도 4는 초점값의 변화에 따른 화학적 기계적 연마가 실시된 반도체 기판 상에서 검출되는 불량 수의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.
- <47> 도 4를 참조하면, STI-CMP층에서 가장 문제시되는 치명적 불량(killer defect)인 보이드(void)의 검출효율이 초점에 따라 변화함을 알 수 있다. 구체적으로, 총 불량수(total defect count)는 초점값이  $-0.5 \sim -0.5$ 까지 변할 때 거의 비슷한 분포를 가지는데 반해, 초점값이  $0 \sim 0.25$ 일 때 보이드에 대한 검출효율이 가장 우수한 것을 확인할 수 있다. 종래에는 광학 측정 장치에서 레시피(recipe)를 설정함에 있어서, 광학 측정 장치의 초점에 대한 영향성이 고려되지 않았다. 따라서 반도체 장치의 각층 별로 동일한 초점값을 사용하거나 엔지니어의 단순한 경험에 의하여 초점을 선택하였지만, 상술한 결과에 의하면, 초점이 불량 검출효율에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.
- <48> 도 5는 폴리실리콘 막에서 초점변화에 따른 게인값의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.
- <49> 도 5를 참조하면, 폴리실리콘 막에 대한 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 세기(intensity), 게인(gain)값, 오프셋(offset) 값 중 게인값이 초점에 따라 변화하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 게인값은 초점이  $-1.2$ 에서 가장 낮은 값을 갖는 포물선 형태로 표시되는 그래프 상에 위치함을 알 수 있다.
- <50> 도 6은 화학적 기계적 연마가 실시된 반도체 기판에 대한 초점변화에 따른 게인값의 변화를 설명하기 위한 그래프이다.
- <51> 도 6을 참조하면, 화학적 기계적 연마가 실시된 막에 대한 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 세기(intensity), 게인(gain)값, 오프셋(offset) 값 중 게인값이 초점에 따라

변화하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 게인값은 초점이 0에서 가장 낮은 값을 갖는 포물선 형태로 표시되는 그래프 상에 위치함을 알 수 있다.

- <52> 이상의 결과에서, 불량 검출 효율 및 게인값 모두 광학 측정 장치의 초점값과 상관관계가 있으므로, 불량 검출 효율과 게인값이 일정한 경향성을 가지고 변화한다면, 게인값을 통해 불량 검출 효율이 최대인 초점값을 선택할 수 있을 것이다.
- <53> 마지막으로, 상기 선택된 광학 측정 장치의 복수의 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 초점값으로 설정한다.
- <54> 도 7은 폴리실리콘 막에서 초점값의 변화에 따른 검출되는 불량 수와 게인값의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.
- <55> 도 7을 참조하면, 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 세기(intensity), 게인(gain)값, 오프셋(offset) 값 중 게인값과 폴리실리콘막의 리닝의 수가 서로 연관이 있다는 것을 확인할 수 있다. 구체적으로, 초점값에 따른 게인값의 변화 및 검출되는 리닝수를 보면, 초점이 -1.2에서 가장 낮은 게인값을 갖고, 이때 리닝의 검출수는 최대가 된다. 즉, 초점에 대한 게인값의 그래프는 초점 -1.2를 저점으로 해서 포물선을 그리고 있으며, 이와는 반대로 검출되는 리닝수는 초점 -1.2일 때를 고점으로 하여 포물선 형태를 나타내고 있다. 따라서, 게인값이 낮을 수록 리닝의 검출효율이 증가함을 알 수 있다.
- <56> 도 8은 화학 기계적 연마가 실시된 반도체 기판 상에서 초점값의 변화에 따른 검출되는 불량(void) 수와 게인값의 관계를 설명하기 위한 그래프이다.
- <57> 도 8을 참조하면, 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 세기(intensity), 게인(gain)값, 오프셋(offset) 값 중 게인값과 STI-CMP막의 보이드 수가 서로 연관이 있다는 것을 확



인할 수 있다. 구체적으로, 초점값에 따른 게인값의 변화 및 검출되는 보이드의 개수를 보면, 초점이 0일 때 가장 낮은 게인값을 갖고, 이때 보이드의 검출수는 최대가 된다. 즉, 초점에 대한 게인값의 그래프는 초점 0을 저점으로 해서 포물선을 그리고 있으며, 이와는 반대로 검출되는 보이드의 개수는 초점 0일 때를 고점으로 하여 포물선형태를 나타내고 있다. 따라서, 게인값이 낮을수록 보이드의 검출효율이 증가함을 알 수 있다.

<58> 이상의 결과를 종합하면, 광학 측정 장치의 초점값이 불량 검출 효율에 영향을 미치며, 이러한 불량 검출효율은 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 게인값이 최소일 때 가장 우수하므로, 최소 게인값에서의 초점을 광학 측정 장치의 초점으로 선택하면, 최대의 검출효율을 얻을 수 있게 된다. 이러한 게인값은 초점값마다 1분 이내에 측정될 수 있으므로, 간단하게 최적의 초점값을 얻을 수 있게 된다.

<59> 또한, 본 발명은 상술한 방법을 통하여 얻어진 광학 측정 장치의 최적의 초점을 이용하여, 반도체 장치 등의 불량을 광학적 방법에 의하여 검출하는 방법을 제시한다.

<60> 도 9는 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

<61> 도 9를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 방법은 우선 상술한 최적의 초점을 결정하는 방법에 따라 불량 검출 대상인 반도체 장치에 적합한 초점을 결정한다(S50). 이후, 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 2차 조사하고(S60), 상기 2차 조사에 의해 기판 표면으로부터 반사되는 제2 반사광을 센싱하여 제2 이미지 정보를 형성하는 한다(S70). 마지막으로, 취득된 제2 이미지 정보를 해석하여 기판의 불량여부를 판단한다(S80).

- <62> 이하, 본 실시예에 따른 광학적 불량 검출 방법을 보다 상세하게 설명한다.
- <63> 우선, 최적의 초점을 선택하기 위하여 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 1차 조사한다.
- <64> 이어서, 상기 기판 표면으로부터 반사되는 제1 반사광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 제1 이미지 정보를 형성한다.
- <65> 구체적으로, 광학 측정 장치에서 초점에 따라서 감지된 빛은 그 세기에 따라 아날로그 신호인 전류로 측정된다. 이러한 전류신호는 아날로그-디지털 변환기에 의해 디지털 이미지 신호로 변화되어 반도체 기판상의 각 픽셀에 대한 그레이 레벨이 형성된다. 상기 그레이 레벨은 흑과 백의 농도차이에 따라 구별되며, 8 비트의 디지털 신호로 처리되므로 각 픽셀은 256가지로 구분 가능하게 된다.
- <66> 이후, 상기 광학 측정 장치의 복수의 초점값, 및 상기 복수의 초점값에서 센싱하여 형성된 상기 제1 이미지 정보에 대응하는 상기 광학 측정 장치의 복수의 게인값의 상관관계를 결정한다. 불량 검출효율 및 게인값 모두 광학 측정 장치의 초점값과 상관관계가 있으므로, 불량 검출효율과 게인값이 일정한 경향성을 가지고 변화한다면, 게인값을 통해 불량 검출효율이 최대인 초점값을 선택할 수 있을 것이다.
- <67> 이어서, 상기 광학 측정 장치의 복수의 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 불량 검출용 초점값으로 설정한다(S50).
- <68> 광학 측정 장치의 초점값이 불량 검출 효율에 영향을 미치며, 이러한 불량 검출효율은 라이트 레벨 트레이닝을 통해 결정된 게인값이 최소일 때 가장 우수하므로, 최소 게인값

에서의 초점을 광학 측정 장치의 초점으로 선택하면, 최대의 검출효율을 얻을 수 있게 된다.

<69> 계속하여, 상기 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 2차 조사한다(S60).

<70> 이때 상기 2차 조사되는 광은 상기 1차 조사되는 광과 같이 반사능력이 우수하여 상기 기판 표면에서의 회절 및 간섭가능성을 줄일 수 있는 단파장 광인데, 자외선 광을 사용하는 것이 바람직하다.

<71> 이어서, 상기 2차 조사에 의해 기판 표면으로부터 반사되는 제2 반사광을 상기 광학 측정 장치의 불량 검출용 초점값에서 센싱하여 제2 이미지 정보를 형성한다(S70). 이는 제1 이미지 정보를 형성하는 과정과 유사한 방법에 의하여 실시될 수 있다.

<72> 마지막으로, 상기 형성된 제2 이미지 정보를 해석하여 기판의 불량여부를 판단한다(S80). 제2 이미지 정보를 해석하여, 기판의 불량여부를 판단하는 방법으로는 대표적으로 문턱값(threshold value)을 이용하는 방법을 들 수 있다. 이는 불량 검출 대상 픽셀의 상기 이미지 정보와 불량 검출 대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 이미지 정보를 차감하여 형성된 원시데이터의 절대값을 문턱값을 비교하여, 원시데이터가 문턱값을 초과하는 경우 불량으로 판정하는 방법이다.

<73> 도 10은 도 9의 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 방법에서 불량 여부 판단을 설명하기 위한 순서도이다.

<74> 도 10을 참조하면, 본 실시예에 따른 광학적 불량 검출 방법에서는 우선, 불량여부 판정의 기준값인 문턱값을 설정한다(S82).

- <75> 이후, 불량 검출 대상 픽셀의 상기 제2 이미지 정보와 상기 불량 검출 대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 제2 이미지 정보를 차감하여 원시데이터를 형성한다(S84). 이때 원시 데이터값이 음수이면, 절대값을 취하여 양수값을 선택한다.
- <76> 마지막으로, 상기 문턱값과 상기 원시데이터를 비교하여 원시데이터가 문턱값보다 큰 경우 불량으로 판정하고, 작은 경우는 불량이 아닌 것으로 판단한다(S86).
- <77> 그러나 불량 판정 방법은 이에 한정되는 것은 아니며, 공지된 다양한 방법이 사용될 수 있다.
- <78> 또한, 본 발명은 상술한 광학적 불량 검출 방법을 구현할 수 있는 광학적 불량 검출 장치를 제공한다.
- <79> 도 11은 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 장치를 설명하기 위한 개념도이다.
- <80> 도 11을 참조하면, 본 실시예에 따른 광학적 불량 검출장치는 기판(12)을 지지하기 위한 지지대(10), 기판(12)표면에 광을 조사하기 위한 광원(20), 기판(12)의 표면으로부터 반사광을 센싱하여 이미지 정보를 게인값을 포함하는 변수로 나타내는 이미지 정보 생성수단(30), 상기 형성된 이미지 정보의 게인값 및 초점값의 상관관계를 해석하는 데이터 처리수단(40), 불량검출용 초점값으로 선택하는 초점선택수단(50), 그리고 이미지 정보를 해석하여 상기 불량검출대상 픽셀의 불량여부를 판단하는 불량 검출수단(60)을 갖는다.

- <81> 우선, 소정의 공정을 거친 기판(12)이 공정불량을 검사하기 위해 로딩되는 지지대(10)를 구비한다. 상기 기판(12)에는 다수의 픽셀을 포함하고 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성되어 있으며, 반도체 제조용 웨이퍼의 경우에는 상기 장치단위는 독립하여 전자회로를 형성하는 셀(cell)로 형성된다. 이때, 상기 기판(12)의 로딩 및 언로딩은 로봇 암의 구동과 같은 통상적인 웨이퍼 로딩 메카니즘을 이용한다.
- <82> 본 실시예에 따른 광학적 불량 검출 장치는 기판(12)표면에 광을 조사하기 위한 광원(20)을 갖는다. 여기서 광으로는 반사성능이 우수하여 상기 기판(12) 표면에서의 회절 및 간섭가능성을 줄일 수 있는 단파장 광이 사용되며, 특히 자외선 광인 것이 바람직하다.
- <83> 그리고, 상기 기판(12) 표면으로부터 반사된 광으로부터 이미지 정보를 나타내는 이미지 정보 생성 수단(30)을 포함한다. 상기 이미지 정보 생성 수단은 상기 기판의 표면으로부터 반사된 광을 센싱하여 상기 각 장치단위별 픽셀의 이미지 정보를 게인값을 포함하는 변수로 나타낸다.
- <84> 구체적으로, 상기 이미지 정보 생성수단(30)은 기판의 표면으로부터 반사된 광으로부터 아날로그 이미지 신호를 생성하는 이미지 검출수단(32), 및 상기 이미지 검출수단(32)으로부터 생성된 아날로그 이미지 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기(34)를 구비한다.
- <85> 또한, 상기 형성된 이미지 정보의 게인값 및 이에 대응하는 초점값의 상관관계를 해석하는 데이터 처리수단(40)을 갖는다. 이는, 도 2 및 도 3에서 확인한 바와 같이 불량 검출 효율과 초점값간에는 일정한 상관관계가 있으며, 또한 도 4 및 도 5에서 확인한 바와

같이 게인값과 불량 검출 효율간 역시 일정한 관계가 있으므로, 게인값과 초점값의 상관관계를 조사함으로써 불량검출효율이 최대인 초점값을 용이하게 선택하고자 함이다.

<86> 그리고, 본 발명의 일실시예에 의한 광학적 불량 검출 장치는 상기 이미지 정보의 게인값 중 최소 게인값에 대응하는 초점값을 불량검출용 초점값으로 선택하는 초점 선택 수단(50)을 포함한다. 이는 앞서 언급한 도 7 및 도 8에서 확인되는 바와 같이 최소 게인값에 대응하는 초점값일 때 불량검출효율이 최대로 되는 것을 이용한 것이다.

<87> 또한, 상기 이미지 정보를 해석하여 상기 불량검출대상 픽셀의 불량여부를 판단하는 불량 검출수단(60)을 갖는다. 여기서 상기 불량 검출수단(60)은 문턱값을 설정하는 문턱값 설정수단(62), 상기 불량 검출대상 픽셀의 이미지 정보로부터 상기 불량 검출대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 이미지 정보를 차감하여 원시 데이터를 형성하는 원시데이터 생성수단(64), 그리고 상기 문턱값과 원시데이터의 절대값을 비교하여 불량여부를 판단하는 불량 판단수단(66)을 포함한다.

<88> 또한, 본 실시예에 따른 광학적 불량검출 장치는 불량으로 판단된 불량픽셀 및 상기 불량픽셀의 원시데이터를 디스플레이 하기 위한 모니터(70)를 더 포함할 수 있다.

<89> 상술한 최적의 초점이 적용된 광학적 불량 검출 장치를 이용하면, 반도체 장치의 불량 이 신속하고 정확하게 검출할 수 있게 되어 반도체 장치의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

#### 【발명의 효과】

<90> 본 발명에 의하면, 반도체 장치의 불량 검출을 위한 광학적 측정수단에서 불량 검출 효율을 현저하게 향상시킬 수 있는 광학적 측정수단의 최적의 초점을 간단하면서도 신속하게 결정할 수 있게 된다. 또한, 상기 결정된 최적의 초점을 가지는 광학측정수단을 이용

하여 반도체 장치의 불량률 검출함으로써 반도체 장치의 불량률이 신속하고 정확하게 검출되어 반도체 장치의 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

<91> 그 결과, 전체적인 반도체 제조공정에 소요되는 시간을 단축할 수 있을 뿐만 아니라 반도체 장치의 제조원가를 절감할 수 있다.

<92> 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

기판 표면에 광을 조사하는 단계;

상기 기판 표면으로부터 반사되는 광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 이미지 정보를 형성하는 단계;

상기 광학 측정 장치의 복수의 초점값, 및 상기 복수의 초점값에서 센싱하여 형성된 이미지 정보에 대응하는 상기 광학 측정 장치의 복수의 게인값의 상관관계를 결정하는 단계; 및

상기 광학 측정 장치의 복수의 게인값 중 최소 게인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 불량검출용 초점값으로 설정하는 단계를 포함하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 2】**

제1 항에 있어서, 상기 기판이 반도체 제조용 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 3】**

제1 항에 있어서, 상기 광은 반사성능이 우수하여 상기 기판표면에서의 회절 및 간섭가능성을 줄일 수 있는 단파장 광인 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.



**【청구항 4】**

제1 항에 있어서, 상기 광이 자외선 광인 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 5】**

제 1 항에 있어서, 상기 이미지 정보가 아날로그 디지털 변환기에 의하여 형성되는 2진수의 디지털 정보인 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 6】**

제1 항에 있어서, 상기 이미지 정보는 흑(black)과 백(white)의 농도차이에 따라 구별되는 그레이 레벨(gray level)로 표시되는 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 7】**

제6 항에 있어서, 상기 그레이 레벨은 256가지로 구별 가능한 것을 특징으로 하는 광학 측정 장치 초점의 최적화 방법.

**【청구항 8】**

다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 1차 조사하는 단계;

상기 기판 표면으로부터 반사되는 제1 반사광을 광학 측정 장치에서 복수의 초점값별로 센싱하여 제1 이미지 정보를 형성하는 단계;

상기 광학 측정 장치의 복수의 초점값, 및 상기 복수의 초점값에서 센싱하여 형성된 제1 이미지 정보에 대응하는 상기 광학 측정 장치의 복수의 계인값의 상관관계를 결정하는 단계;

상기 광학 측정 장치의 복수의 계인값 중 최소 계인값에 상응하는 초점값을 광학 측정 장치의 불량검출용 초점값으로 설정하는 단계를 포함하는 초점의 최적화 단계;

상기 다수의 픽셀을 포함하며 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위가 형성된 기판 표면에 광을 2차 조사하는 단계;

상기 2차 조사에 의해 기판 표면으로부터 반사되는 제2 반사광을 상기 광학 측정 장치의 불량검출용 초점값에서 센싱하여 제2 이미지 정보를 형성하는 단계; 및

상기 형성된 제2 이미지 정보를 해석하여 기판의 불량여부를 판단하는 단계를 포함하는 광학적 불량검출방법.

#### 【청구항 9】

제8 항에 있어서, 상기 기판이 반도체 제조용 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

#### 【청구항 10】

제8 항에 있어서, 상기 광은 반사성능이 우수하여 상기 기판 표면에서의 회절 및 간섭 가능성을 줄일 수 있는 단파장 광인 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

#### 【청구항 11】

제8 항에 있어서, 상기 광은 자외선 광인 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

**【청구항 12】**

제8 항에 있어서, 상기 제2 이미지 정보가 아날로그 디지털 변환기에 의하여 형성되는 2진수로 표현되는 디지털 정보인 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

**【청구항 13】**

제8 항에 있어서, 상기 제2 이미지 정보가 흑(black)과 백(white)의 농도차이에 따라 구별되는 그레이 레벨(gray level)로 표시되는 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

**【청구항 14】**

제13 항에 있어서, 상기 그레이 레벨은 256가지로 구별 가능한 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

**【청구항 15】**

제8 항에 있어서, 상기 기판의 불량여부의 판단은

문턱값을 설정하는 단계;

불량검출대상 픽셀의 상기 제2 이미지 정보와 상기 불량검출대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 제2 이미지 정보를 차감하여 원시데이터를 형성하는 단계; 및

상기 문턱값과 상기 원시데이터를 비교하여 불량검출대상 픽셀의 불량여부를 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출방법.

**【청구항 16】**

다수의 픽셀을 포함하고 동일한 패턴을 갖는 다수의 장치단위를 구비하는 기판을 지지하기 위한 지지대;

상기 지지대 위에 놓여진 기판표면에 광을 조사하기 위한 광원;

상기 기판의 표면으로부터 반사된 광을 센싱하여 상기 각 장치단위별 픽셀의 이미지 정보를 게인값을 포함하는 변수로 나타내는 이미지 정보 생성수단;

상기 형성된 이미지 정보의 게인값 및 이에 대응하는 초점값의 상관관계를 해석하는 데이터 처리수단;

상기 이미지 정보의 게인값 중 최소 게인값에 대응하는 초점값을 불량검출용 초점값으로 선택하는 초점선택수단; 및

상기 이미지 정보를 해석하여 상기 불량검출대상 픽셀의 불량여부를 판단하는 불량 검출수단을 포함하는 광학적 불량검출장치.

**【청구항 17】**

제16 항에 있어서, 상기 이미지 정보 생성수단은

상기 기판의 표면으로부터 반사된 광으로부터 아날로그 이미지 신호를 생성하는 이미지 검출수단; 및

상기 이미지 검출수단으로부터 생성된 아날로그 이미지 신호를 디지털 신호로 변환하기 위한 아날로그-디지털 변환기를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 불량검출장치.

**【청구항 18】**

제16 항에 있어서, 상기 불량 검출수단은

문턱값을 설정하는 문턱값 설정수단;

상기 불량 검출대상 픽셀의 이미지 정보로부터 상기 불량 검출대상 픽셀이 속하는 장치단위와 인접하는 장치단위의 대응픽셀의 이미지 정보를 차감하여 원시 데이터를 형성하는 원시데이터 생성수단; 및

상기 문턱값과 원시데이터의 절대값을 비교하여 불량여부를 판단하는 불량 판단수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

**【청구항 19】**

제16 항에 있어서, 상기 광은 반사성능이 우수하여 상기 기판표면에서의 회절 및 간섭 가능성을 줄일 수 있는 단파장 광인 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

**【청구항 20】**

제16 항에 있어서, 상기 광이 자외선 광인 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

**【청구항 21】**

제16 항에 있어서, 상기 이미지 정보가 2 진수의 디지털 정보인 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

**【청구항 22】**

제16 항에 있어서, 상기 이미지 정보는 흑(black)과 백(white)의 농도차이에 따라 구별되는 그레이 레벨(gray level)로 표시되는 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

【청구항 23】

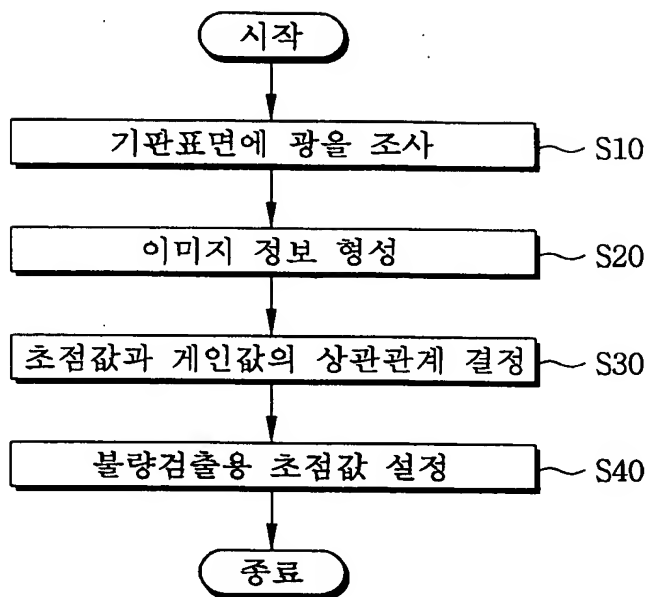
제22 항에 있어서, 상기 그레이 레벨은 256가지로 구별 가능한 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

【청구항 24】

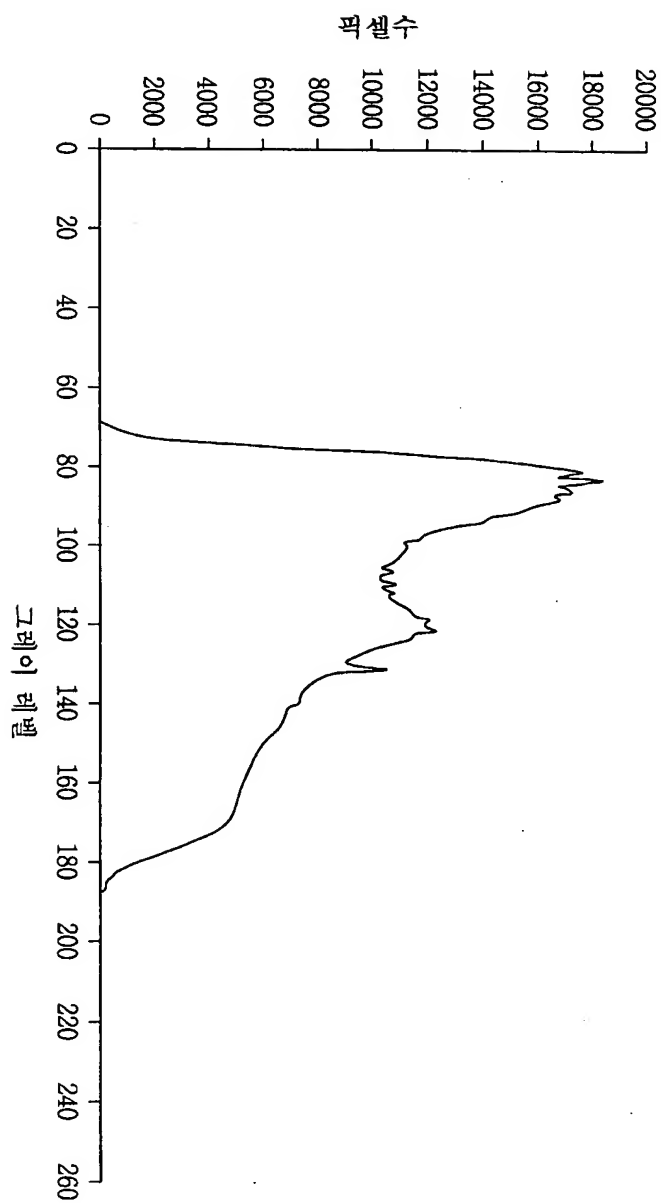
제16 항에 있어서, 불량으로 판단된 불량픽셀 및 상기 불량픽셀의 원시데이터를 디스플레이 하기 위한 모니터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학적 불량 검출 장치.

## 【도면】

【도 1】

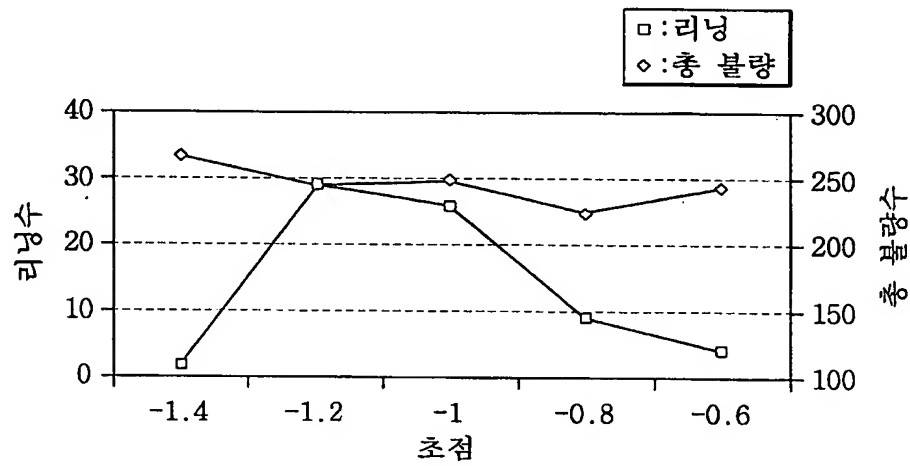


【도 2】

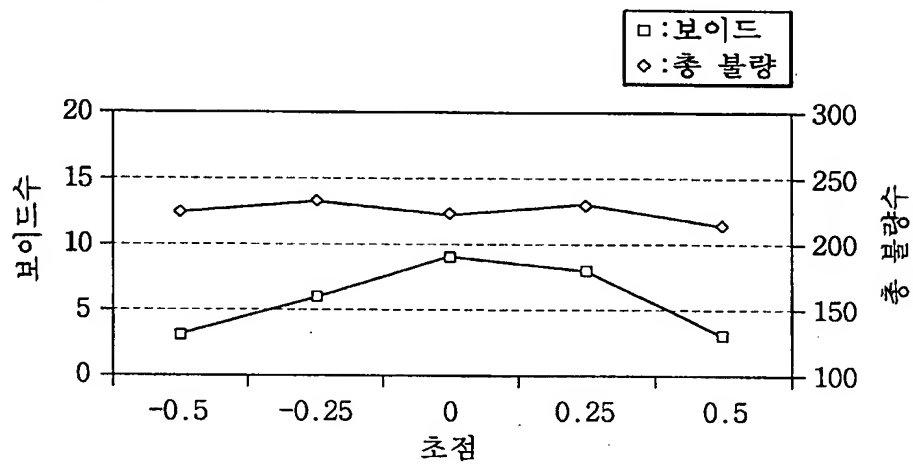




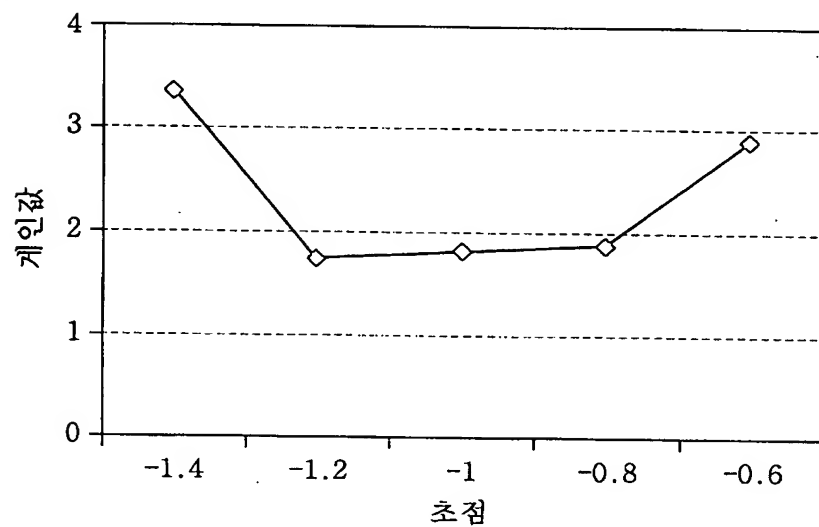
【도 3】



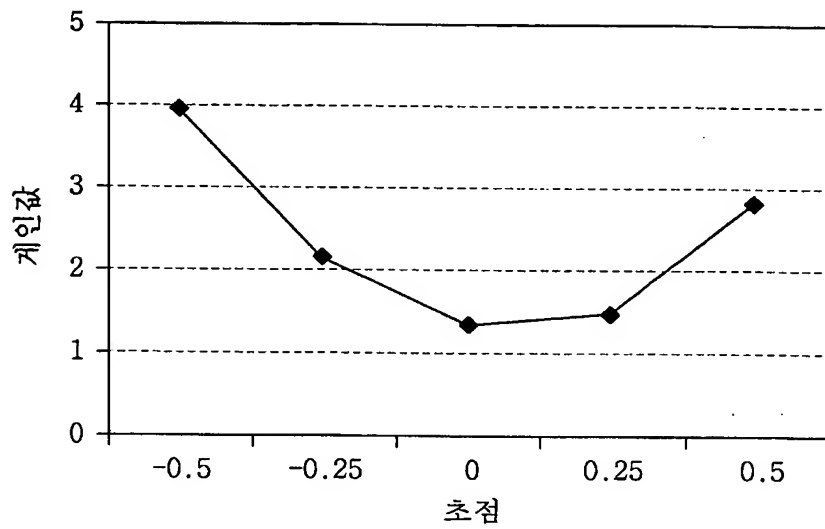
【도 4】



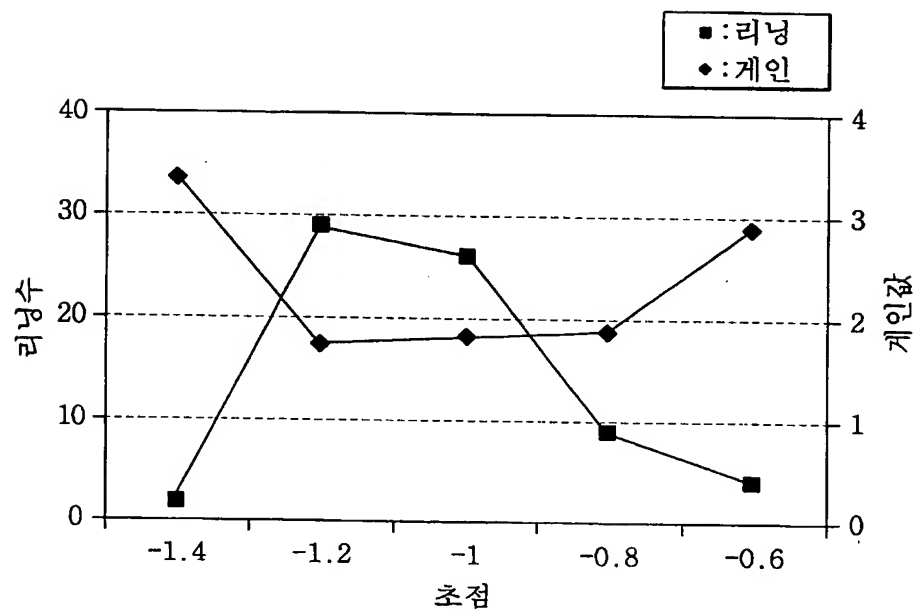
【도 5】



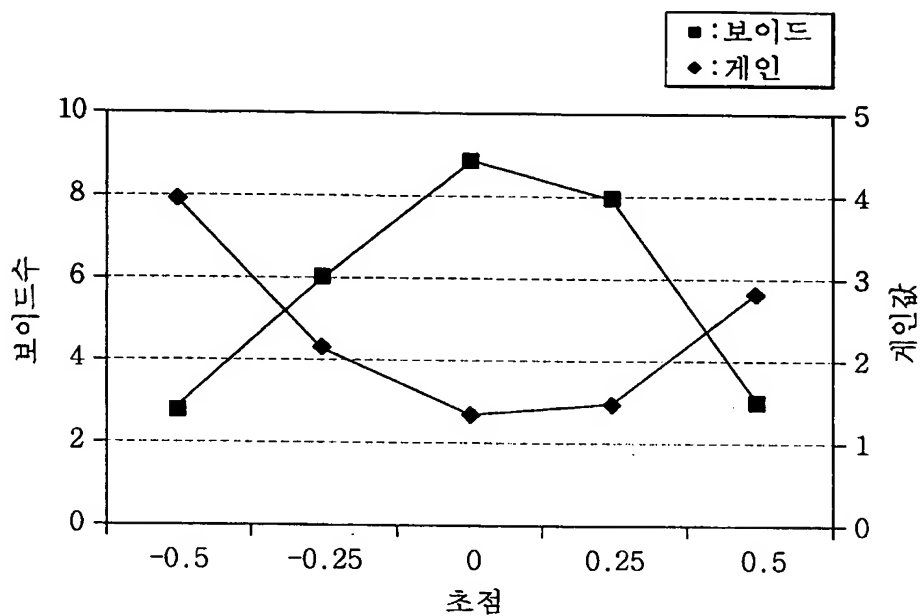
【도 6】



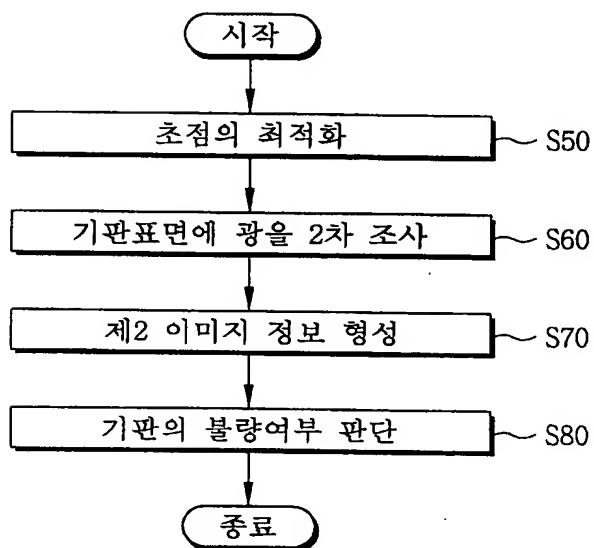
【도 7】



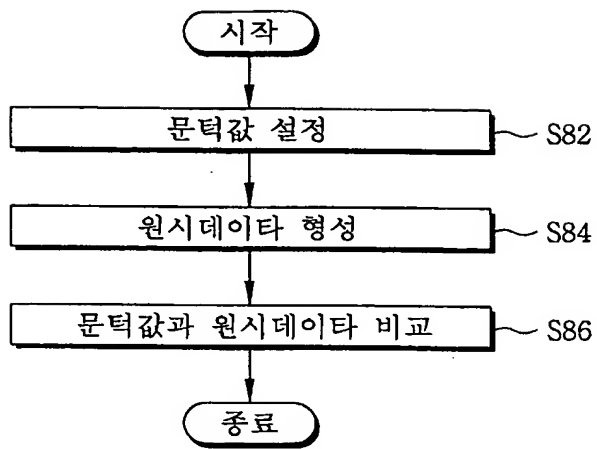
【도 8】



【도 9】



【도 10】





【도 11】

